

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international**



**(43) Date de la publication internationale  
7 novembre 2002 (07.11.2002)**

PCT

**(10) Numéro de publication internationale  
WO 02/088551 A1**

**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : F15B 15/19**

**(72) Inventeurs; et**

**(21) Numéro de la demande internationale :**

**(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : PERUT,  
Christian [FR/FR]; 23, Allée des Peupliers, F-77310 St  
Pargeau Ponthierry (FR). ROLLER, Denis [FR/FR]; 9,  
Villa du Gamay, F-91590 La Ferte Alais (FR).**

**(22) Date de dépôt international : 23 avril 2002 (23.04.2002)**

**(74) Représentant commun : SNPE; Service Propriété Industrielle, 12, Quai Henri IV, F-75181 Paris Cedex 04 (FR).**

**(25) Langue de dépôt :**

français

**(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE,  
DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,  
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.**

**(26) Langue de publication :**

français

**(30) Données relatives à la priorité :**

01/05715 27 avril 2001 (27.04.2001) FR

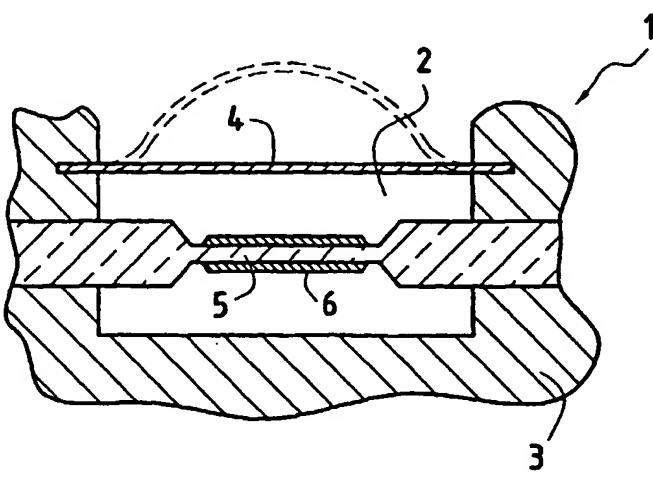
01/07142 31 mai 2001 (31.05.2001) FR

**(84) États désignés (regional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,  
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet**

*[Suite sur la page suivante]*

**(54) Title: PYROTECHNIC MICROACTUATORS FOR MICROSYSTEMS**

**(54) Titre : MICROACTIONNEURS PYROTECHNIQUES POUR MICROSYSTÈMES.**



**(57) Abstract:** The technical field of the invention is that of microactuators designed for mechanical, chemical, electrical or thermal functions in microsystems, for microelectronic applications such as chips, or biomedical applications such as cards incorporating microfluidics. The invention concerns a microactuator (1, 60) comprising a chamber (2, 63) machined in a solid support (3) and containing a pyrotechnic charge (6). Said microactuator (1, 60) is essentially characterised in that the chamber (2, 63) is partly delimited by a deformable membrane (4, 62), such that the gases emitted by combustion of the pyrotechnic charge (6) enable to increase the volume of said chamber (2, 63) by deforming said membrane (4, 62), while maintaining intact the solid walls of the chamber (2, 63).

WO 02/088551 A1

**(57) Abrégé :** Le domaine technique de l'invention est celui des microactionneurs destinés à remplir des fonctions mécaniques, chimiques, électriques ou thermique dans des microsystèmes, pour des applications microélectroniques comme les puces, ou biomédicales comme les cartes intégrant la microfluidique. L'objet de la présente invention concerne un microactionneur (1,60) comprenant une chambre (2,63) usinée dans un support solide (3) et contenant une charge pyrotechnique (6). La principale caractéristique d'un microactionneur (1,60) selon l'invention est que la chambre (2,63) est délimitée partiellement par une membrane (4,62) déformable, de sorte que les gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique (6) permettent d'accroître le volume de ladite chambre (2,63) par déformation de ladite membrane (4,62), tout en maintenant intactes les parois solides de la chambre (2,63).



eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale*

## Microactionneurs pyrotechniques pour microsystèmes

Le domaine technique de l'invention est celui des microactionneurs destinés à remplir des fonctions mécaniques, chimiques, électriques, thermiques ou fluidiques dans des microsystèmes, pour des applications microélectroniques comme les puces, ou biomédicales comme les cartes d'analyse intégrant la microfluidique ou synthèse chimique comme les microréacteurs.

Les microactionneurs sont des objets miniaturisés, usinés dans des supports solides pouvant être semi-conducteurs ou isolants, dans le but de former des microsystèmes comme, par exemple, des microvannes ou des micropompes dans des microcircuits de fluide, ou des microinterrupteurs dans des microcircuits électroniques.

Des microactionneurs utilisant des effets électrostatique, piézoélectrique, électromagnétique et bimétallique existent depuis quelques temps déjà. Une nouvelle génération de microactionneur commence à faire son apparition : ceux utilisant l'effet pyrotechnique. À ce sujet, le brevet WO 98/24719 décrit une vanne miniature pour le remplissage du réservoir d'un appareil d'administration transdermique. Le principe de fonctionnement de cette vanne repose sur la fragmentation d'un substrat provoqué par les gaz de combustion d'une charge pyrotechnique, ledit substrat séparant initialement une réserve de fluide et un réservoir vide. Cette microvanne peut, selon une autre variante de réalisation de l'invention, être utilisée avec une enveloppe gonflable. Les gaz de combustion provoquent d'abord la rupture du substrat puis le gonflement de l'enveloppe dans le but de pousser un fluide afin de l'évacuer. Ces microvannes présentent le double inconvénient d'émettre des fragments de substrat

dans le microcircuit et de mélanger les gaz de combustion avec le fluide qu'elles sont censées libérer.

De façon générale, les microactionneurs qui 5 interviennent dans les microcircuits doivent être performants au niveau des forces qu'ils délivrent, conserver un encombrement réduit et demeurer une entité entière et autonome durant leur fonctionnement, sans possibilité de se morceler pour éviter d'émettre des 10 particules dans le microcircuit dans lequel ils sont intégrés, et sans possibilité de voir les gaz de combustion polluer ledit microcircuit. Dans le cas d'un microcircuit de fluide, l'apport de la pyrotechnie permet aux microactionneurs d'engendrer des forces de 15 pression 100 à 1000 fois plus élevées que celles produites par des microactionneurs fonctionnant à partir d'une source piézoélectrique ou électrostatique. De plus, les gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique peuvent également servir à chauffer un 20 fluide ou une partie d'un micromécanisme sans se mélanger à lui.

Les microactionneurs selon l'invention répondent à ces trois exigences.

25 L'objet de la présente invention concerne un microactionneur, comprenant une chambre réalisée dans un support solide et contenant une charge pyrotechnique, caractérisé en ce que la chambre est délimitée partiellement par une membrane déformable, de sorte que 30 les gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique permettent d'accroître le volume de ladite chambre par déformation de ladite membrane, tout en maintenant intactes les parois solides de la chambre.

Autrement dit, les gaz émis par la combustion de la 35 charge pyrotechnique sont sans aucune influence sur la

géométrie de la partie solide de la chambre, que ce soit par déformation des parois ou par fragmentation de celles-ci.

Ces microactionneurs peuvent à eux seuls assurer 5 des fonctions au sein d'un microcircuit, comme par exemple, exercer une pression sur un fluide pour contribuer à le déplacer pour l'évacuer, ou bien fermer une canalisation de fluide par déformation de la membrane, mais ils sont plus généralement destinés à 10 être inclus dans des microsystèmes.

Un microsystème est un dispositif multifonctionnel miniaturisé dont les dimensions maximales n'excèdent pas quelques millimètres. Dans le cadre d'un microcircuit de fluide un microsystème peut, par exemple, être une 15 microvanne ou une micropompe, et dans le cadre d'un microcircuit électronique un microinterrupteur ou un microcommutateur. Les microactionneurs sont réalisés dans des supports semiconducteurs, comme ceux en silicium par exemple, lorsqu'il s'agit d'une application 20 microélectronique. Ils peuvent être conçus dans d'autres matériaux, comme du polycarbonate, pour d'autres applications et notamment dans le domaine biomédical. La conformation de la chambre est telle, que sous l'effet 25 des gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique, elle accroît son volume. La chambre peut contenir plusieurs charges pyrotechniques, non pas dans le but d'augmenter la pression interne de ladite chambre au moyen d'un allumage simultané desdites charges, mais de façon à maintenir un niveau de pression à peu près 30 constant dans le temps, pour pallier une éventuelle relaxation prématuée de la chambre, notamment dans le cas des micropompes. Dans ce cas, l'initiation des charges s'effectue de façon séquentielle, à des intervalles de temps prédéterminés. Préférentiellement, 35 ladite chambre définit un espace hermétique une fois

qu'elle s'est expansée. Autrement dit, une fois la combustion terminée, la chambre demeure dans une configuration correspondant à un état d'expansion maximum.

5 De façon avantageuse, la charge pyrotechnique est constituée par une composition à base de nitrocellulose. En effet, en raison de la très petite taille des charges pyrotechniques utilisées, leur masse n'excédant pas quelques microgrammes, il est particulièrement souhaité 10 d'employer des compositions homogènes.

Selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention, la charge pyrotechnique est constituée par du polyazoture de glycidyle.

15 De façon préférentielle, le volume de la chambre est inférieur à 1 cm<sup>3</sup>. Avantageusement, la densité de chargement qui est le rapport de la masse de la charge pyrotechnique sur le volume de la chambre est compris entre 0,01 µg/mm<sup>3</sup> et 0,1 mg/mm<sup>3</sup>. Pour un volume de chambre donné, il est tout à fait possible de définir 20 une charge pyrotechnique en terme de masse, géométrie et composition, apte à produire une énergie donnée.

Selon un premier mode de réalisation préféré de l'invention, la charge pyrotechnique est déposée sur une piste conductrice chauffante et a avantageusement une 25 épaisseur de dépôt inférieure à 200 µm.

Selon un second mode de réalisation préféré de l'invention, la charge pyrotechnique enrobe un fil conducteur chauffant traversant la chambre, le diamètre dudit fil étant compris entre 10 µm et 100 µm. Bien que 30 ces deux modes d'initiation permettent dans la plupart des cas l'allumage de la charge pyrotechnique, il a quand même été constaté dans certaines configurations un problème lié à des pertes thermiques par conduction, dû à la mise au contact de l'élément conducteur chauffant 35 avec le support, ces pertes nécessitant un surcroit

d'énergie pour parvenir à l'allumage de la charge, s'accompagnant généralement d'un réchauffement significatif du microactionneur non souhaitable systématiquement. Donc, selon un troisième mode de réalisation préféré de l'invention, la piste conductrice chauffante est déposée sur la charge pyrotechnique au moyen de techniques largement éprouvées dans le domaine des microcircuits comme, par exemple, le dépôt d'une peinture ou d'un encre conductrice par sérigraphie ou jet d'encre, de façon à éviter tout contact direct entre ladite piste chauffante et le substrat. Selon un quatrième mode de réalisation préféré de l'invention, la chambre comporte une cavité creusée dans le support et ladite charge pyrotechnique se présente sous la forme d'un film recouvrant ladite cavité de façon, là aussi, à réduire voire à éliminer les pertes thermiques par conduction, en isolant la charge pyrotechnique de tout support solide conducteur de chaleur. Pour cette dernière configuration, on peut utiliser des matériaux énergétiques possédant une capacité filmogène comme, par exemple, le collodion.

Mais la configuration optimisée pour résoudre au mieux le problème lié aux pertes thermiques par conduction, consiste à déposer la charge pyrotechnique sous forme de film sur une cavité du support et à assurer son initiation par une piste conductrice chauffante elle-même déposée sur ladite charge. Par ce biais, les contacts directs entre la piste chauffante et le support sont nuls et ceux entre la charge et ledit support sont quasi-inexistants.

En raison de la miniaturisation de la charge pyrotechnique, son système d'initiation doit lui-même être d'encombrement réduit, tout en demeurant d'une grande fiabilité. De façon plus générale, il est également possible d'initier la charge pyrotechnique par

d'autres moyens, et notamment ceux impliquant soit un cristal piézoélectrique, soit un rugueux, à condition qu'ils répondent à la double exigence de miniaturisation et de fiabilité, soit par un faisceau laser, l'énergie 5 pyrotechnique par un guide d'onde ou une fibre optique.

Préférentiellement, la chambre est délimitée partiellement par une membrane souple susceptible de se gonfler sous l'effet des gaz émis par la charge pyrotechnique. Suivant les besoins liés à l'utilisation 10 de l'actionneur, la membrane peut présenter des propriétés d'extensibilité plus ou moins marquées.

Selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention, la chambre est délimitée partiellement par une membrane souple repliée dans ladite chambre, ladite 15 membrane étant apte à se déplier sous l'effet des gaz émis par la charge pyrotechnique. Selon les configurations, la membrane peut être soit repliée sur elle-même, soit être repliée dans la chambre. De façon avantageuse, une fois que la membrane s'est dépliée sous 20 l'effet des gaz, le volume final de la chambre est supérieur à son volume initial. De façon préférentielle, la membrane est en téflon. Avantageusement, pour des applications microélectroniques, la membrane peut être entièrement ou partiellement recouverte d'un matériau 25 conducteur.

L'invention porte également sur un microsystème incluant un microactionneur selon l'invention caractérisé en ce que la déformation de la membrane provoque le déplacement d'une pièce solide. En effet, 30 les gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique créent une surpression dans la chambre qui va avoir tendance à s'expander par déformation de la membrane. La membrane vient alors au contact d'une pièce placée à proximité du microactionneur et lorsque les 35 forces de pression atteignent une valeur seuil, elles

provoquent le déplacement de ladite pièce.

Selon un premier mode de réalisation préféré d'un microsystème selon l'invention, la pièce solide est susceptible de venir obstruer une canalisation de fluide, suite au pivotement de ladite pièce sous l'effet des gaz de combustion. Pour cette configuration où le microactionneur est utilisé dans le cadre d'un microcircuit de fluide, le microsystème peut être assimilé à une microvanne à fermeture.

Selon un deuxième mode réalisation préféré de l'invention, la pièce solide obstrue une canalisation de fluide et le déplacement de ladite pièce par pivotement entraîne l'ouverture de ladite canalisation. Pour cette configuration, le microsystème peut être assimilé à une microvanne d'ouverture.

Selon un troisième mode de réalisation préféré de l'invention,

- i) une membrane souple est située dans un espace annulaire assimilable à une gorge,
- ii) la charge pyrotechnique est située dans un espace annulaire assimilable à une gorge de plus petite dimension que celle dans laquelle est située la membrane souple et positionnée de façon concentrique par rapport à celle-ci, les deux gorges communiquant entre elles par au moins une ouverture,
- iii) Une pièce solide plate vient en appui contre le support en coiffant l'espace annulaire dans lequel est situé la membrane souple, ladite pièce étant elle-même recouverte par une membrane élastique et obstruant une canalisation de fluide,

de sorte que les gaz émis par la combustion de la charge entraînent le déploiement de la membrane souple située dans l'espace annulaire et provoquent le déplacement de

la pièce plate, en induisant une aspiration de fluide dans l'espace que la membrane élastique crée en s'éloignant du support.

5 Pour cette configuration, le microsystème peut être assimilé à une micropompe à dépression et l'utilisation de plusieurs charges pyrotechniques à allumage séquentiel peut apparaître comme particulièrement appropriée, de façon à maintenir un niveau de pression  
10 seuil minimum pendant un certain temps, et donc éviter un reflux naturel prématué du fluide.

Selon un quatrième mode de réalisation préféré de l'invention, la membrane se déforme sous l'effet des gaz de combustion pour venir obturer une canalisation de fluides. Avantageusement, la chambre est partiellement délimitée par une membrane bistable, de sorte que, ladite membrane, initialement concave, devient convexe sous l'effet des gaz émis par la charge. Pour cette configuration, le microsystème, qui joue le rôle d'une microvanne à fermeture, ne déplace aucune pièce et se confond avec le microactionneur. Avantageusement, l'élément qui vient obstruer la canalisation de fluide, que ce soit la pièce solide plate ou la membrane bistable, est surmonté d'une protubérance souple pour assurer une bonne étanchéité au niveau de la fermeture de ladite canalisation, ladite protubérance étant assimilable à un bouchon.  
20  
25

Le microactionneur selon l'invention peut être utilisé dans des microcircuits électroniques en contribuant à la réalisation de microsystèmes tels que des microinterrupteurs ou des microcommutateurs. En effet, la membrane qui délimite partiellement la chambre et qui est recouverte entièrement ou partiellement d'un matériau conducteur peut se gonfler ou se déployer de manière à venir fermer ou ouvrir un microcircuit  
30  
35

électrique. De même, le microactionneur selon l'invention munie d'une membrane souple non conductrice, peut déplacer une pièce solide conductrice de manière à fermer ou ouvrir un microcircuit électrique ou assurer 5 la double fonction consistant d'abord à ouvrir un microcircuit électrique puis, ensuite, à en fermer un autre.

Les microactionneurs pyrotechniques selon l'invention ont l'avantage d'être performants et fiables 10 tout en restant propres. Ils sont propres à deux titres ; d'abord, ils demeurent intacts durant toute leur phase de fonctionnement sans risque d'être fragmentés, évitant de libérer des particules solides parasites dans le microcircuit, ensuite, les gaz émis 15 par la charge pyrotechnique sont emprisonnés dans la chambre qui délimite un espace hermétique, sans aucune possibilité d'envahir le microcircuit. De plus, les microactionneurs pyrotechniques selon l'invention sont simples. Une chambre avec membrane, une charge 20 pyrotechnique et un système d'allumage sont leurs seuls éléments constitutifs et les phénomènes physico-chimiques qu'ils engendrent restent basiques.

Enfin, pour un volume de chambre donné, la grande variabilité des compositions pyrotechniques pouvant être 25 intégrées dans les microactionneurs selon l'invention, permet d'obtenir une gamme très étendue de sollicitations, qui le rend adaptable à un grand nombre de configurations.

30 On donne ci-après une description détaillée d'un mode de réalisation préféré d'un microactionneur selon l'invention ainsi que de trois modes de réalisation préférés d'un microsystème utilisant un microactionneur selon l'invention, en se référant aux figures 1 à 7.

35 La figure 1 est une vue en coupe axiale

longitudinale d'un microactionneur selon l'invention.

La figure 2 est une vue en coupe axiale longitudinale d'une microvanne de fermeture fonctionnant à partir d'un microactionneur pyrotechnique selon 5 l'invention.

La figure 3 est une vue du dessus du clapet de fermeture de la microvanne de la figure 2.

La figure 4 est une vue en coupe axiale longitudinale d'une microvanne d'ouverture fonctionnant 10 à partir d'un microactionneur pyrotechnique selon l'invention.

La figure 5 est une vue en coupe selon le plan V-V de la microvanne d'ouverture de la figure 4.

La figure 6 est une vue en coupe axiale 15 longitudinale d'une microvanne de fermeture utilisant un microactionneur pyrotechnique selon l'invention munie d'une membrane bistable.

La figure 7 est une vue en coupe axiale longitudinale d'une micropompe utilisant un 20 microactionneur pyrotechnique selon l'invention, ledit microactionneur n'ayant pas encore fonctionné.

La figure 8 est une vue du dessus de la pièce plate solide à déplacer et appartenant à la micropompe présentée à la figure 7.

25 La figure 9 est une vue en coupe axiale longitudinale de la micropompe de la figure 7, le microactionneur ayant fonctionné.

La figure 10 est une vue en coupe axiale 30 longitudinale d'une seconde variante de réalisation d'une micropompe utilisant un microactionneur selon l'invention, ledit microactionneur ayant fonctionné.

En se référant à la figure 1 un microactionneur 1 selon l'invention comprend une chambre 2 réalisée dans un support 3 en polycarbonate et ayant une forme 35 cylindrique. Ledit support 3 résulte d'un empilement de

feuilles en polycarbonate collées les unes aux autres. Ladite chambre 2 qui est donc délimitée par le support 3 présente une face circulaire obturée par une membrane 4 souple en téflon, fixée dans ledit support 3. Ladite 5 chambre 2 est traversée par un fil chauffant 5 enrobé d'une couche de composition pyrotechnique 6 à base de nitrocellulose.

Le mode de fonctionnement de cet actionneur 1 est le suivant. Un courant électrique est délivré dans le 10 fil chauffant 5 dont la température s'élève jusqu'à atteindre la température d'inflammation de la composition pyrotechnique 6. La combustion de ladite composition 6 entraîne la production de gaz qui créent une surpression dans la chambre 2. La membrane 4 qui est 15 ainsi sollicitée réagit en se gonflant.

En se référant à la figure 2, une microvanne de fermeture 10 est réalisée dans un support en polycarbonate et comprend un microactionneur 1 analogue à celui décrit au paragraphe précédent et situé à 20 proximité d'un micro-circuit de fluide 11 caractérisé par une canalisation 12 rectiligne traversant une chambre cylindrique 14 située dans le prolongement de la chambre cylindrique 2 du microactionneur 1, et ayant approximativement le même diamètre, les deux chambres 2, 14 étant séparées l'une de l'autre par la membrane 4 du microactionneur 1. La chambre 14 qui est traversée par la canalisation 12 est remplie de fluide et contient 25 un clapet 15 de fermeture. En se référant à la figure 3, le clapet 15 est constitué par une pièce arrondie 16 soutenue par quatre colonnes 18 en polycarbonate entre lesquelles circule le fluide, lesdites colonnes 18 reposant sur la membrane 4. Ladite pièce 16 arrondie qui est réalisée en matériau souple, comme du caoutchouc, n'est donc pas en contact directe avec la membrane 4. Le 30 volume de la chambre 2 est de 0,3 cm<sup>3</sup> et la masse, de la 35

charge pyrotechnique 6 est de 0,5 µg.

Le mode de fonctionnement de cette microvanne 10 de fermeture est le suivant. La mise à feu de la charge pyrotechnique 6 entraîne une surpression dans la chambre 2 qui provoque alors le déplacement en translation du clapet 15 dans la chambre 14 remplie de fluide. Ce déplacement s'effectue jusqu'à ce que la pièce souple 16 vienne s'encastrer dans la canalisation 12 interrompant la circulation de fluide. La partie de la canalisation destinée à recevoir la pièce souple 16 est légèrement évasée de façon à assurer une fermeture étanche de la canalisation. Une fois la combustion de la charge pyrotechnique 6 terminée, le clapet 15 ne revient pas à sa position initiale, puisque la chambre 2 définit un espace hermétique.

En se référant à la figure 4, une microvanne d'ouverture 20 est réalisée dans un support en polycarbonate et comprend un microactionneur 1 analogue à celui décrit au paragraphe relatif à la figure 1 et situé à proximité d'un microcircuit de fluide. A proximité immédiate dudit microactionneur 1 et plus particulièrement de sa membrane 4, est placée une lamelle 21 flexible en polycarbonate solidaire du support fait du même matériau. En se référant à la figure 5, la lamelle flexible 21 est une pièce plate d'épaisseur constante, présentant un corps arrondi 22 prolongé par une partie 23 plus étroite ayant une extrémité arrondie. La lamelle 21 est solidaire du support par l'intermédiaire d'une languette 24, de plus faible épaisseur, reliant ledit support à l'extrémité du corps arrondi 22 de la lamelle 21, la plus éloignée de l'extrémité arrondie de la partie 23 plus étroite qui la prolonge. L'extrémité arrondie de ladite partie étroite 23 porte une protubérance 25 souple de forme approximativement hémisphérique, la dite protubérance 25

obturant une canalisation 26. L'effort nécessaire au maintien de l'étanchéité, même en cas de contrepression due au fluide de la canalisation 26, est obtenu par une flexion initiale de la lamelle 21.

5

Le mode de fonctionnement de cette microvanne 20 d'ouverture est le suivant. La mise à feu de la charge pyrotechnique 6 entraîne une surpression dans la chambre 2 qui provoque alors le gonflement de la membrane 4 qui 10 vient en appui contre la lamelle 21 flexible. Les forces de pression exercées sur ladite lamelle 21 provoquent son pivotement autour de la languette 24 qui la relie au support, permettant l'ouverture de la canalisation 26 initialement obturée par la protubérance 25 de ladite 15 lamelle 21. Durant son déplacement, la lamelle 21 demeure rigide sans se déformer et joue donc le rôle d'un clapet pivotant.

En se référant à la figure 6 un modèle de microvanne 30 de fermeture comprend une chambre 31 usinée dans un support 32 en polycarbonate et ayant une forme cylindrique. Ladite chambre 31 qui est donc délimitée par le support 32 présente une face circulaire obturée par une membrane 33 bistable ayant une forme concave et possédant en son centre, sur sa surface 25 externe par rapport à la chambre 31, une protubérance 34 souple de forme hémisphérique. La face de la chambre 31 opposée à celle délimitée par la membrane 33, possède un évidement 35 cylindrique central, ladite face étant recouverte par une piste conductrice 36. Une charge 30 pyrotechnique 37 de faible épaisseur et de longueur inférieure au diamètre de l'évidement 35 est déposée sur la surface de ladite piste 36, dans une position opposée à celle dudit évidement 35 par rapport à la piste 36. La membrane 33 délimite partiellement une circulation de 35 fluide.

Le mode de fonctionnement de ce type de microvanne 30 de fermeture est le suivant.

La mise à feu de la charge pyrotechnique 37 induit une surpression dans la chambre 31 qui entraîne le 5 retournement de la membrane 33 qui adopte aussitôt une forme convexe, accroissant significativement le volume de ladite chambre 31. La protubérance 34 vient s'encastrer dans une canalisation de fluide 38 interrompant la circulation de fluide. La nouvelle forme 10 convexe de la membrane 33 étant stable, la fermeture de la canalisation 38 demeure permanente.

En se référant à la figure 7, une micropompe 40 à dépression comprend un microactionneur 60 selon l'invention, usiné dans un support 61 en polycarbonate 15 et comportant une membrane souple 62 située dans un espace annulaire 63 assimilable à une gorge. De façon plus précise, ladite membrane 62 tapisse le fond de la gorge 63 en étant fixée à ladite gorge 63 au niveau de sa partie supérieure. Une charge pyrotechnique est 20 située dans un espace annulaire assimilable à une gorge de plus petite dimension que celle 63 dans laquelle est située la membrane 62 et positionnée par rapport à celle-ci 63 de façon concentrique, les deux gorges communiquant entre elles par quatre ouvertures 25 régulièrement espacées sur une paroi circulaire séparant les deux gorges. La gorge enfermant la charge pyrotechnique est enfouie dans le support 61 alors que la gorge 63 qui est tapissée par la membrane 62 souple est ouverte à sa partie supérieure. Une feuille 64 du 30 support 61 en polycarbonate coiffe ladite gorge 63. En se référant à la figure 8, ladite feuille 64 est découpée de sorte qu'elle est constituée par une bande annulaire 80 plate, périphérique, reliée à un disque plat central 81 au moyen de quatre brins déformables 82 35 en forme de S. Le disque central 81 recouvre

intégralement la gorge annulaire 63. Entre ledit disque plat central 81 et la bande annulaire périphérique 80 subsiste un espace annulaire vide 83. De l'autre côté de la feuille 64 est ménagé, dans le support 61, un espace libre 65 cylindrique dont le diamètre est supérieur à celui de ladite feuille 64, ledit espace 65 possédant deux événements 66. La feuille 64 est recouverte d'une membrane élastique 67, de forme circulaire, et de diamètre supérieur à celui de l'espace libre 65 situé au delà de ladite feuille 64. Ladite membrane élastique 67 est fixée dans ledit espace libre 65, dans sa partie la plus proche de la feuille 64. Une canalisation 68 de fluide, creusée dans le support 61 au niveau de la partie centrale de la gorge contenant la charge pyrotechnique, débouche dans l'espace libre 65 dudit support 61.

Le mode de fonctionnement de ce type de micropompe à dépression est le suivant. En se référant aux figures 7, 8 et 9, la combustion de la charge pyrotechnique engendre des gaz qui envahissent, par les quatre ouvertures, la gorge 63 externe tapissée par la membrane souple 62 qui, aussitôt, entame une phase de retournement pour finir par émerger de ladite gorge 63 dans laquelle elle se trouvait, sous la forme d'un bourrelet pneumatique 69. La formation de ce bourrelet 69 entraîne le déplacement du disque 81 de la feuille 64. Le déplacement dudit disque 81 est rendu possible grâce aux quatre brins déformables 82 en forme de S qui se tendent sans se rompre pour maintenir une liaison avec la bande annulaire 80. Ledit déplacement induit une aspiration de fluide dans l'espace que la membrane élastique 67 crée en s'éloignant du support 61. La membrane élastique 67 assure une bonne étanchéité de l'espace dans lequel est aspiré le fluide. L'air de l'espace situé derrière la membrane élastique 67

s'évacue par les deux événets 66 de l'espace libre 65 dont le volume ne cesse de décroître.

En se référant à la figure 10, une seconde variante de réalisation d'une micropompe 100 utilisant un microactionneur selon l'invention ne diffère de la micropompe décrite ci-dessus qu'au niveau de la feuille 102 et de la membrane 101 qui la recouvre. En effet, la feuille 102 se présente sous la forme d'un disque plat 103 élargi dont le diamètre est sensiblement égal à l'espace libre cylindrique correspondant à celui désigné par le repère 65 sur la figure 7 et situé de l'autre côté de ladite feuille 102. Ledit disque 103 est relié au support 104 au moyen de quatre brins déformables 105 en forme de S. De cette manière, la membrane 101 qui recouvre la feuille 102 est fixée dans ledit espace libre cylindrique, de sorte qu'elle tapisse intégralement ledit espace, aussi bien le fond que la paroi latérale interne. Ladite membrane 101 est fixée dans ledit espace au niveau de sa paroi latérale interne à sa partie la plus éloignée de ladite feuille 102. Le principe de fonctionnement d'une telle micropompe 100 est analogue à celui décrit pour la première variante. L'avantage technique octroyé par une telle configuration est un gain de volume de l'espace dans lequel est aspiré le fluide, puisque cet espace est sensiblement celui qui existe au-delà de la feuille 102 avant que le microactionneur n'ait fonctionné.

**Revendications**

1. Microactioneur (1,60) comprenant une chambre (2,63) réalisée dans un support solide (3) et contenant une charge pyrotechnique (6), caractérisé en ce que la chambre (2,63) est délimitée partiellement par une membrane (4,62) déformable, de sorte que les gaz émis par la combustion de la charge pyrotechnique (6) permettent d'accroître le volume de ladite chambre (2,63) par déformation de ladite membrane (4,62), tout en maintenant intactes les parois solides de la chambre (2,63).
2. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que la chambre (2,63) définit un espace hermétique une fois qu'elle s'est expansée.
3. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que la charge pyrotechnique (6) est constituée par une composition à base de nitrocellulose.
4. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que le volume de la chambre (2,63) est inférieur à 1cm<sup>3</sup>.
5. Microactionneur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 4 caractérisé en ce que la densité de chargement qui est le rapport de la masse de la charge pyrotechnique (6) sur le volume de la chambre (2,63) est compris entre 0,01 µg/mm<sup>3</sup> et 0,1 mg/mm<sup>3</sup>.
6. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que une piste conductrice chauffante est déposée sur la charge pyrotechnique (6) et n'est au contact que de ladite charge (6).

7. Microactionneur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 6, caractérisée en ce que la chambre comporte une cavité creusée dans le support et la charge pyrotechnique se présente sous la forme d'un film 5 recouvrant ladite cavité.

8. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que la charge pyrotechnique (6) enrobe un fil conducteur (5) chauffant, traversant la chambre (2), le 10 diamètre dudit fil (5) étant compris entre 10  $\mu\text{m}$  et 100  $\mu\text{m}$ .

9. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que la chambre (2) est délimitée partiellement par 15 une membrane souple (4) susceptible de se gonfler sous l'effet des gaz émis par la charge pyrotechnique (6).

10. Microactionneur selon la revendication 1 caractérisé en ce que la chambre (63) est délimitée partiellement 20 par une membrane souple repliée (62) dans ladite chambre (63), ladite membrane (63) étant apte à se déplier sous l'effet des gaz émis par la charge pyrotechnique (6).

11. Microactionneur selon l'une quelconque des 25 revendications 9 ou 10 caractérisé en ce que la membrane (4,62) est en téflon.

12. Microsystème incluant un microactionneur (1,60) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11 30 caractérisé en ce que la déformation de la membrane (4,62) provoque le déplacement d'une pièce solide (15,21,64).

13. Microsystème selon la revendication 12 caractérisé 35 en ce que la pièce solide (15) pivote sous l'effet des

gaz de combustion et vient obstruer une canalisation de fluide (12).

14. Microsystème incluant un microactionneur (60) conforme à l'une quelconque des revendications 1,2,3,4,5,6,7,8,10 ou 11 caractérisé en ce que,

i) une membrane souple (62) est située dans un espace annulaire (63) assimilable à une gorge,

ii) la charge pyrotechnique est située dans une espace annulaire assimilable à une gorge de plus petite dimension que celle dans laquelle est située la membrane souple (62) et positionnée de façon concentrique par rapport à celle-ci, les deux gorges communiquant entre elles par au moins une ouverture,

iii) une pièce solide plate (64) vient en appui contre le support (61) en coiffant l'espace annulaire (63) dans lequel est situé la membrane souple (62), ladite pièce (64) étant elle-même recouverte par une membrane élastique (67) et obstruant une canalisation de fluide (68), de sorte que les gaz émis par la combustion de la charge entraînent le déploiement de la membrane souple (62) située dans l'espace annulaire (63) et provoquent le déplacement de la pièce plate (64), en induisant une aspiration de fluide dans l'espace que la membrane élastique (67) crée en s'éloignant du support (61).

15. Microsystème incluant un microactionneur conforme à l'une quelconque des revendications 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ou 11 caractérisé en ce que la membrane (4) se déforme sous l'effet des gaz de combustion pour venir obturer une canalisation de fluide.

20

16. Microsystème selon la revendication 15 caractérisé en ce que la chambre (31) est partiellement délimitée par une membrane bistable (33), de sorte que ladite membrane (33) initialement concave, devient convexe sous  
5 l'effet des gaz émis par la charge (37).

17. Microsystème selon l'une quelconque des revendications 13 ou 15 caractérisé en ce que l'élément (15,31) qui vient obstruer la canalisation (12,38) de  
10 fluide est surmonté d'une protubérance (16,34) souple pour assurer une bonne étanchéité au niveau de la fermeture de ladite canalisation (12,38).

15

20

25

30

35

1/5

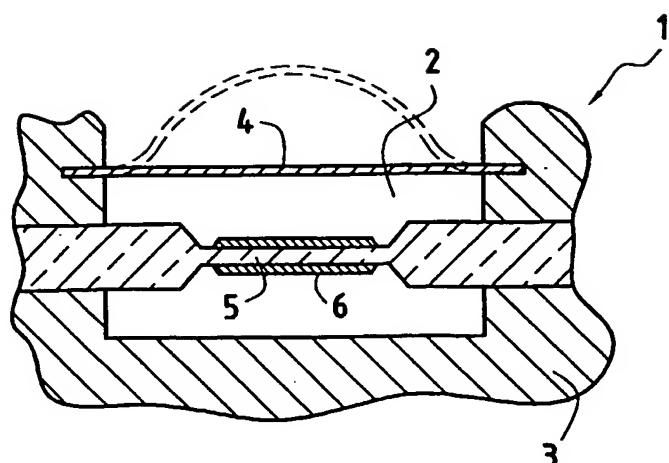


FIG.1

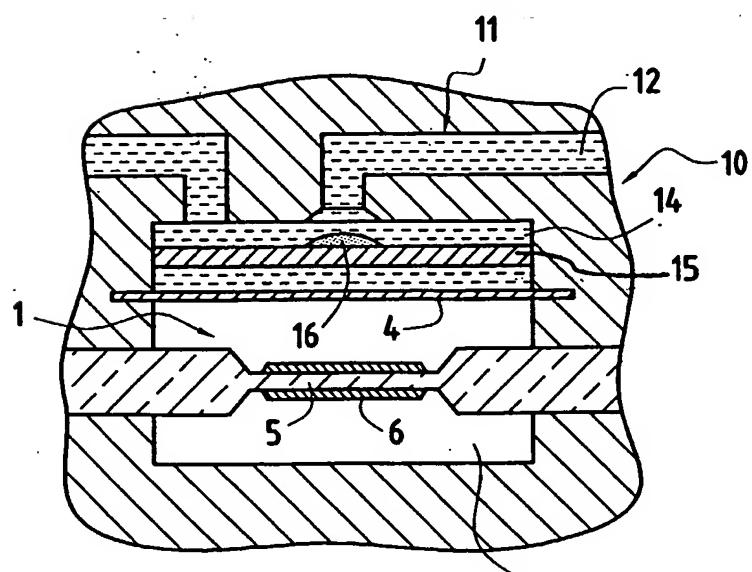
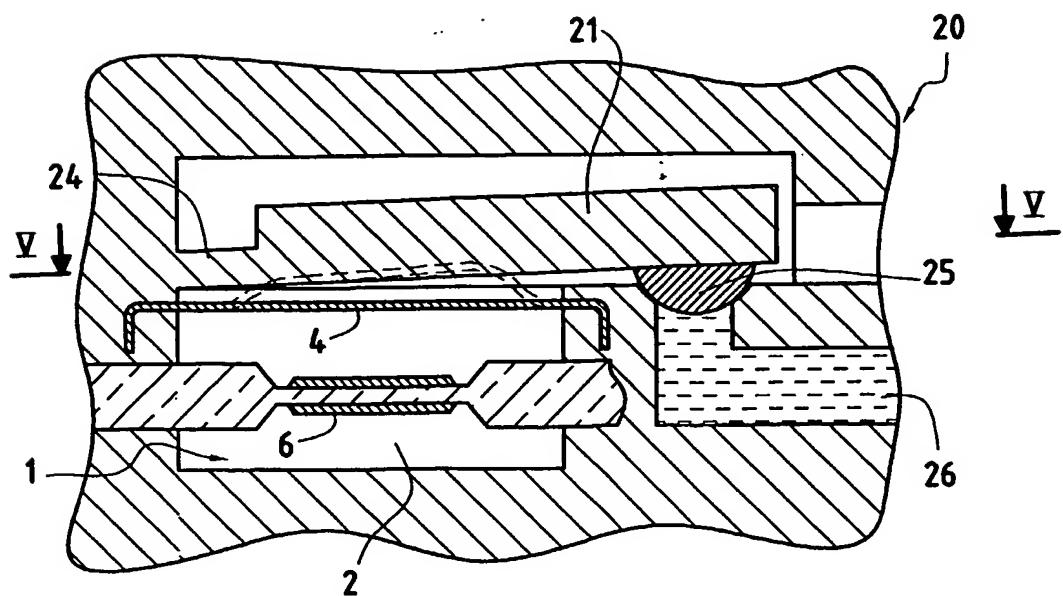
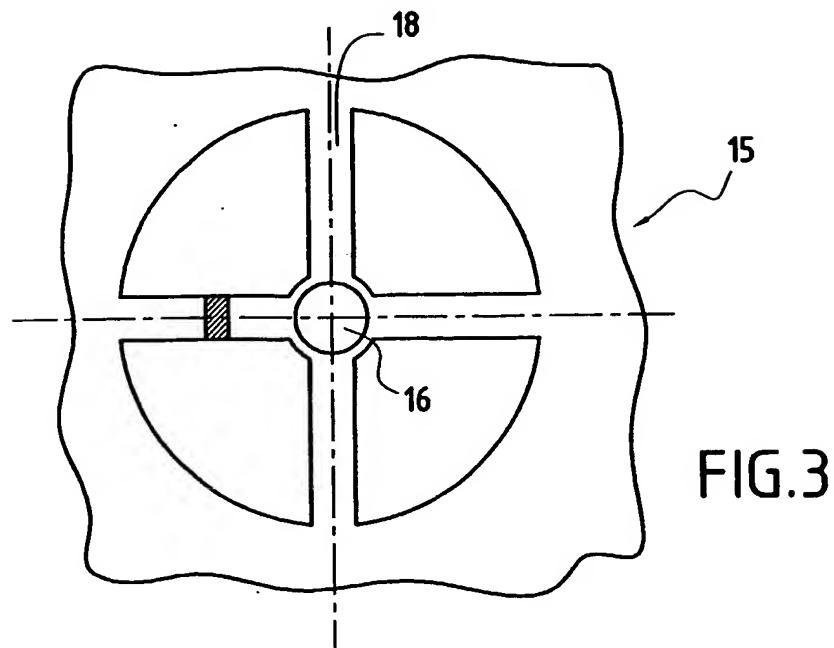


FIG.2

2/5



3/5

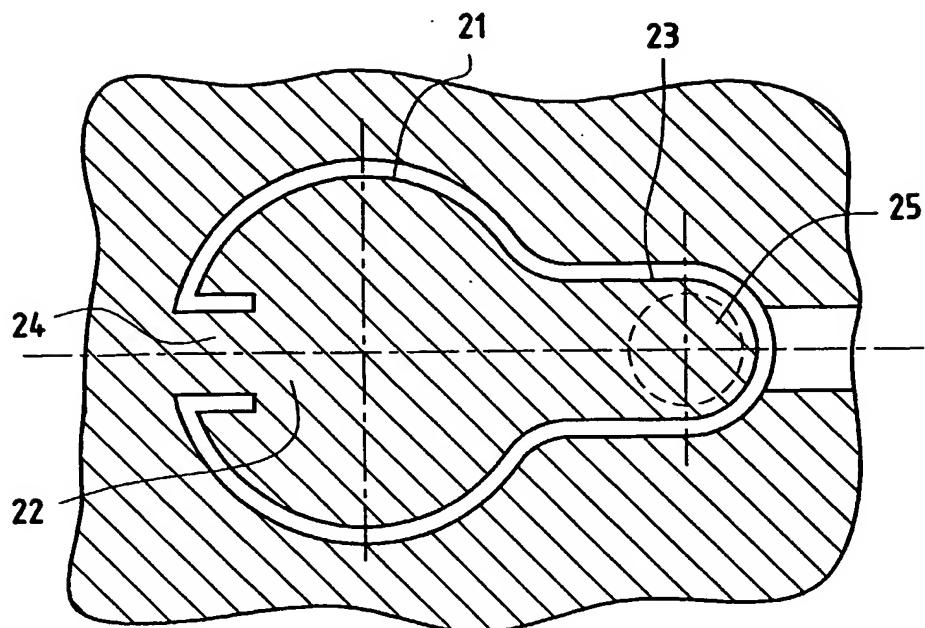


FIG.5

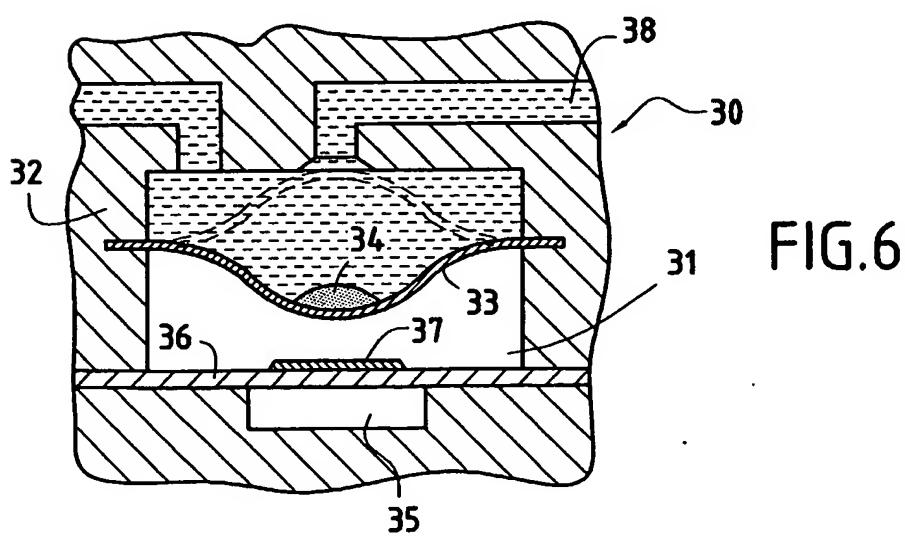


FIG.6

4/5

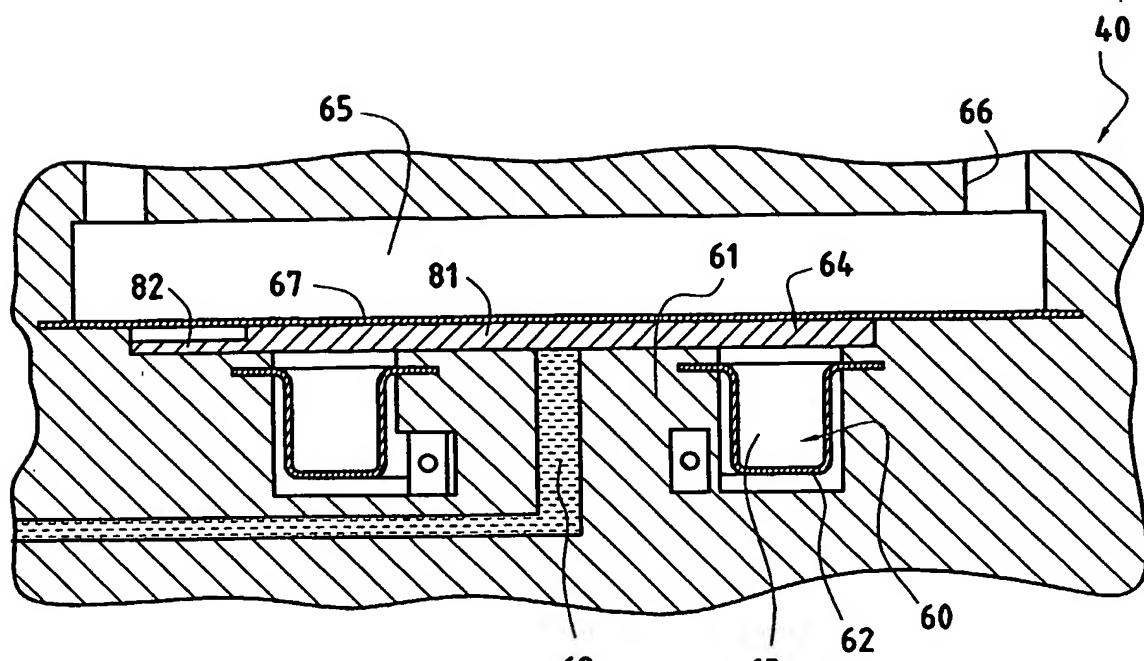


FIG. 7

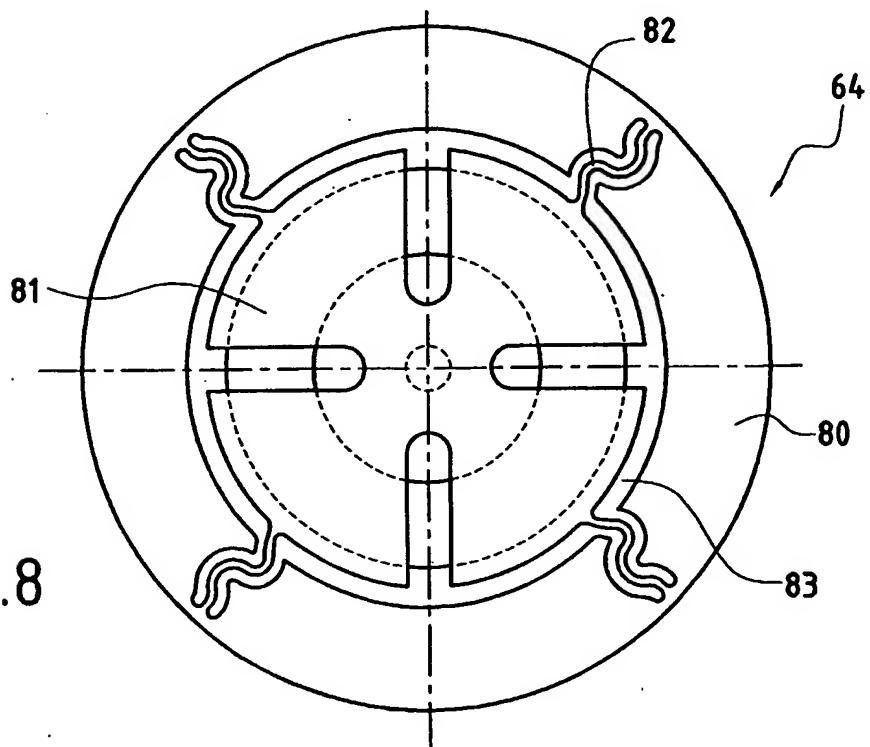


FIG. 8

5/5

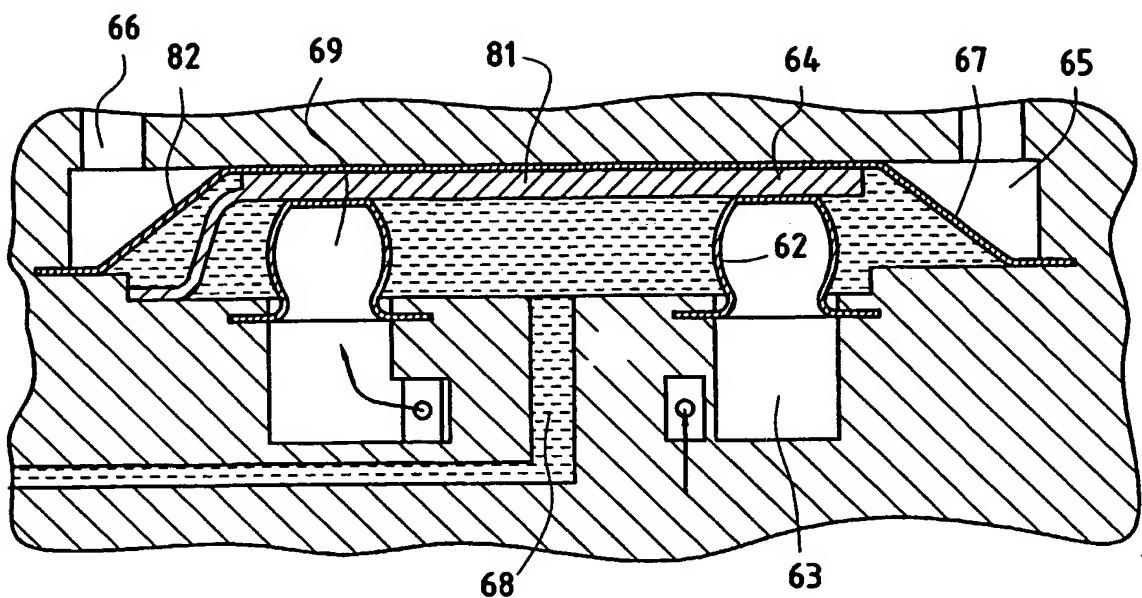


FIG. 9

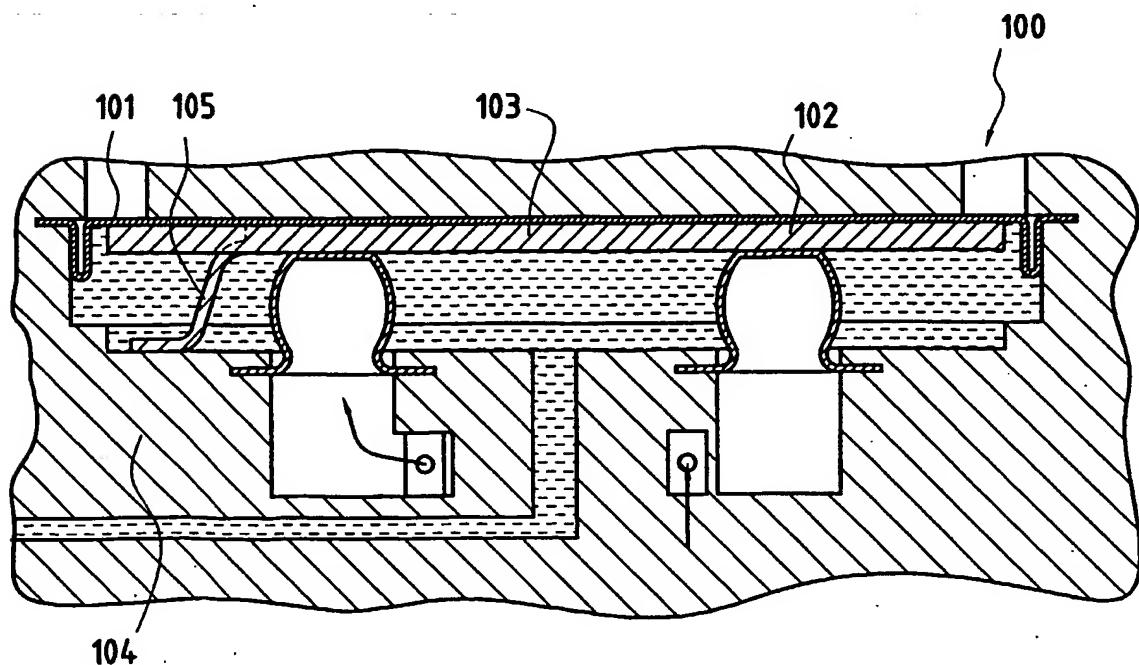


FIG. 10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 02/01382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F15B15/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F15B F15C F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 111 221 A (OLSEN CHARLES R) 5 September 1978 (1978-09-05)  column 3, line 6-46 column 6, line 39 -column 7, line 11; figures 1-10	1,2,9, 10,12, 15-17
Y	—	3,11,13
X	US 3 483 695 A (OLSEN CHARLES R) 16 December 1969 (1969-12-16) column 1, line 69 -column 2, line 22 column 2, line 52-57; figures 1-3	1,2,7
A	WO 98 22719 A (ESTEVE DANIEL ;MIKLER CLAUDE (FR); TEILLAUD ERIC (FR); MILLOT PHIL) 28 May 1998 (1998-05-28) page 6, line 8-21; figures 4,5	1
Y	—	3
	—/—	

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2002

Date of mailing of the international search report

19/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Busto, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 02/01382

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A Y	US 5 370 147 A (BRUSSE JAIME R ET AL) 6 December 1994 (1994-12-06) column 5, line 66 -column 6, line 18; figure 1	1,9 11
A Y	US 6 160 243 A (COZAD BRADFORD ALLEN) 12 December 2000 (2000-12-12) column 1, line 24-45; figures 1,2	1,12 13
	-----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR 02/01382

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 4111221	A	05-09-1978	NONE			
US 3483695	A	16-12-1969	US	RE28434 E		27-05-1975
WO 9822719	A	28-05-1998	FR FR AT AU AU BR DE DE EP ES WO JP NO NZ SK US HU	2756032 A1 2764034 A1 213309 T 725913 B2 5227798 A 9713381 A 69710486 D1 939862 T1 0939862 A1 2138575 T1 9822719 A1 2001505491 T 992481 A 336015 A 63999 A3 6247485 B1 0001065 A2		22-05-1998 04-12-1998 15-02-2002 26-10-2000 10-06-1998 21-03-2000 21-03-2002 06-04-2000 08-09-1999 16-01-2000 28-05-1998 24-04-2001 21-05-1999 24-11-2000 16-05-2000 19-06-2001 28-08-2000
US 5370147	A	06-12-1994	NONE			
US 6160243	A	12-12-2000	AU CN EP WO	6155799 A 1331792 T 1116003 A1 0019161 A1		17-04-2000 16-01-2002 18-07-2001 06-04-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 02/01382

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 F15B15/19

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F15B F15C F16K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERÉS COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 111 221 A (OLSEN CHARLES R) 5 septembre 1978 (1978-09-05)  colonne 3, ligne 6-46 colonne 6, ligne 39 -colonne 7, ligne 11; figures 1-10	1,2,9, 10,12, 15-17
Y	—	3,11,13
X	US 3 483 695 A (OLSEN CHARLES R) 16 décembre 1969 (1969-12-16) colonne 1, ligne 69 -colonne 2, ligne 22 colonne 2, ligne 52-57; figures 1-3	1,2,7
A	WO 98 22719 A (ESTEVE DANIEL ;MIKLER CLAUDE (FR); TEILLAUD ERIC (FR); MILLOT PHIL) 28 mai 1998 (1998-05-28) page 6, ligne 8-21; figures 4,5	1
Y	—	3
	—	-/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant lever un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais clé pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*G\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
12 juillet 2002	19/07/2002
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  Busto, M

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 02/01382

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 370 147 A (BRUSSE JAIME R ET AL) 6 décembre 1994 (1994-12-06) colonne 5, ligne 66 -colonne 6, ligne 18; figure 1 -----	1,9
Y		11
A	US 6 160 243 A (COZAD BRADFORD ALLEN) 12 décembre 2000 (2000-12-12) colonne 1, ligne 24-45; figures 1,2 -----	1,12
Y		13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 02/01382

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4111221	A 05-09-1978	AUCUN	
US 3483695	A 16-12-1969	US RE28434 E	27-05-1975
WO 9822719	A 28-05-1998	FR 2756032 A1 FR 2764034 A1 AT 213309 T AU 725913 B2 AU 5227798 A BR 9713381 A DE 69710486 D1 DE 939862 T1 EP 0939862 A1 ES 2138575 T1 WO 9822719 A1 JP 2001505491 T NO 992481 A NZ 336015 A SK 63999 A3 US 6247485 B1 HU 0001065 A2	22-05-1998 04-12-1998 15-02-2002 26-10-2000 10-06-1998 21-03-2000 21-03-2002 06-04-2000 08-09-1999 16-01-2000 28-05-1998 24-04-2001 21-05-1999 24-11-2000 16-05-2000 19-06-2001 28-08-2000
US 5370147	A 06-12-1994	AUCUN	
US 6160243	A 12-12-2000	AU 6155799 A CN 1331792 T EP 1116003 A1 WO 0019161 A1	17-04-2000 16-01-2002 18-07-2001 06-04-2000